

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh geometrie VBD pro soustružení materiálu skupiny M

Draft Geometry Inserts for Turning Materials Group M

Student:

Jiří Hromádka

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Hromádka**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh geometrie VBD pro soustružení materiálů skupiny M**
Draft Geometry Inserts for Turning Materials Group M

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Analýza materiálů ISO M z hlediska obrobitelnosti použitých nástrojů.
3. Výběr VBD a návrh zkoušek.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [4] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7.
- [5] HUMÁR, A.; PÍŠKA, M. *Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály*. MM Průmyslové spektrum, Speciální vydání, 2004, 110 s. ISSN 1212-2572.

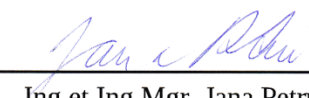
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5.2014.....

Podpis studenta *Kromádka Jiří*.....

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě...19.5.2014.....

Podpis studenta *Hromádka Jiří*

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Hromádka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Rohozná 346, 569 72

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HROMÁDKA, Jiří. *Návrh geometrie VBD pro soustružení materiálů skupiny M*. Ostrava, 2014. Bakalářská práce. VŠB – TUO, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže. Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Bakalářská práce se zabývá analýzou vývojových trendů v oblasti soustružení materiálů skupiny ISO M, charakteristikou obráběných materiálů z hlediska obrobitelnosti a návrhem optimální geometrie VBD pro konkrétní aplikační oblast. Zadavatelem této práce je společnost Pramet Tools s.r.o. V úvodu práce jsou popsány základní informace, které čtenáře uvedou do problematiky obrábění a stručně jej seznámí se slinutými karbidy a značením výměnných břitových destiček. Následně jej seznámí s materiály skupiny ISO M a jejich vlivem na proces obrábění, způsoby zkoušení a měření VBD. Závěrem práce bude diskuze expertů a technicko-ekonomické zhodnocení.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Výměnná břitová destička, geometrie, materiály skupiny ISO M, slinutý karbid

HROMÁDKA , Jiří. Draft geometry VBD for turning materials of group M. Ostrava, 2014. Bachelor's thesis. VŠB - TUO, Faculty of Engineering, Department of Machining and Assembly. Supervisor: doc. Ing . Vladimir Vrba, CSc.

Bachelor thesis deals with the analysis of trends in turning materials of group ISO M, with characteristic of machined materials in terms of machinability and with design of optimal geometry VBD for a particular application area. The submitter of this work is PrametTools s.r.o. company. The introduction describes the basic information that readers brings to the problems of machining and briefly introduces him to a cemented carbide and marking of indexable inserts. Then this work introduces the materials of group ISO M and their influence on the machining process methods of testing and measuring VBD. In the final of this work will be discussion of experts and techno- economic evaluation.

KEYWORDS:

Indexable inserts, geometry, materials of group ISO M, cemented carbide

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
Úvod	9
Pramet Tools	10
1 Obecná charakteristika daného problému	11
1.1 Úvod do problematiky obrábění	11
1.2 Úvod do daného problému	11
1.3 Systém značení VBD podle ISO	12
1.4 Slinuté karbidy	12
2 Analýza materiálů skupiny ISO M	14
2.1 Co jsou materiály skupiny ISO M	14
2.1.1 Použití	15
2.2 Analýza z hlediska obrobitelnosti	15
2.2.1 Co je to obrobitelnost	15
2.2.2 Kvantifikace	18
2.2.3 Kvalifikace	18
2.2.4 Řezné síly	19
2.2.5 Tvrdost	20
2.2.6 Pevnost	20
2.2.7 Charakteristika řezných odporů	21
2.2.8 Schopnost utváření třísky	21
2.2.9 Zpevňování obrobeného povrchu	23
2.3 Analýza z hlediska použitých nástrojů	23
2.3.1 Geometrie nástrojů	23
2.3.2 Tvorba nárůstku	25
2.3.3 Teploty při obrábění	26
2.3.4 Opotřebením používaných nástrojů	28
2.3.5 Utváření třísky	31
2.4 Vývojové trendy v oblasti soustružení materiálů skupiny ISO M	32
2.4.1 Směr vývoje	32
2.4.2 Analýza trhu	32
3 Výběr VBD a návrh zkoušek	35
3.1 Používané zkoušky	35

3.1.1	Zkouška utváření třísky	35
3.1.2	Řezné síly.....	36
3.1.3	Trvanlivost.....	38
3.2	Měření geometrie břitu VBD	39
3.3	Vyhodnocení	41
3.3.1	Zkouška utváření třísky	41
4	Diskuze expertů	44
4.1	Návrh geometrie VBD	44
4.2	Velikost zaoblení řezné hrany	46
4.3	Technologické zhodnocení.....	47
5	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	48
	Seznam použitých obrázků	49
	Seznam použité literatury	51
	Příloha A	52

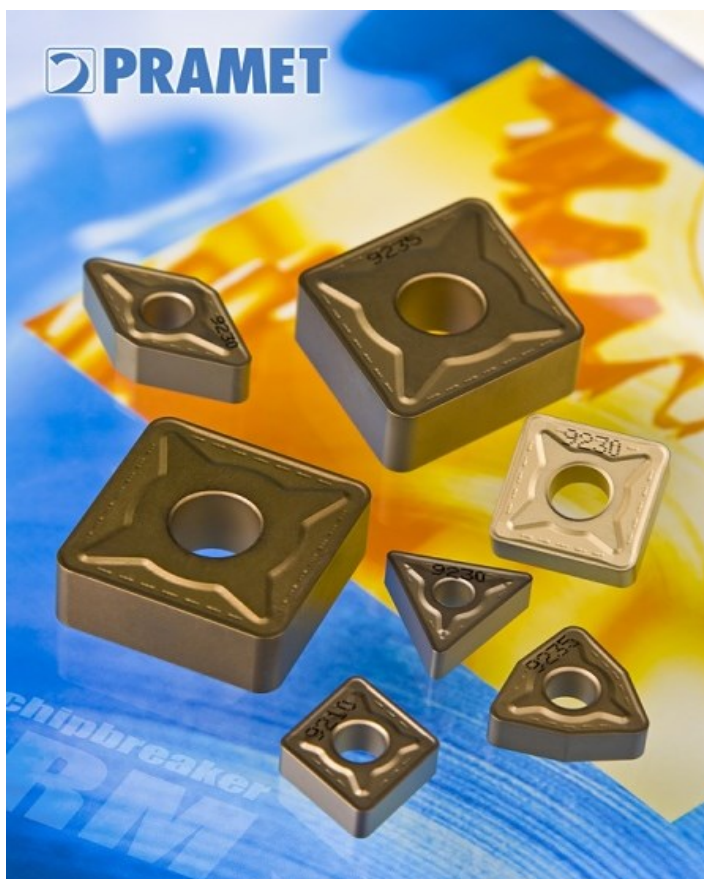
Seznam použitých zkratek

Značení	Význam	Jednotka
VBD	Výměnná břitová destička	[-]
CNC	Číslicové řízení počítačem	[-]
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci	[-]
HAZ	Tepelně ovlivněná zóna	[mm]
PTP	Bod nejvyšší teploty	[-]
CT	Kompulzivní teplota	[°C]
K_v	Index obrobitelnosti	[-]
F_c	Hlavní složka řezné síly	[N]
F_f	Axiální složka řezné síly	[N]
F_p	Radiální složka řezné síly	[N]
f	Posuv	[mm/ot]
ap	Hloubka řezu	[mm]
v_c	Řezná rychlost	[m/s]
WC	Wolfram	[-]
Co	Kobalt	[-]
Cr	Chrom	[-]
C	Uhlík	[-]
Ni	Nikl	[-]
Ti	Titan	[-]
Mo	Molybden	[-]
No	Niob	[-]

Úvod

Obrábění je stále se vyvíjející technologií výroby se stále vyššími požadavky ze strany zákazníka na rozměrovou přesnost, jakost povrchu a zkracováním výrobního času. Aby firmy pracující ve strojírenství a zabývající se obráběním vyhověly všem požadavkům, vyvíjejí stále dokonalejší a rychlejší obráběcí stroje a nástroje. Vývoj obráběcích nástrojů je do značné míry ovlivněn jejich geometrií a materiálem, z něhož jsou vyrobeny. Nástroje s výměnnou břitovou destičkou ze slinutého karbidu mají mezi moderními nástroji svoji nezastupitelnou roli.

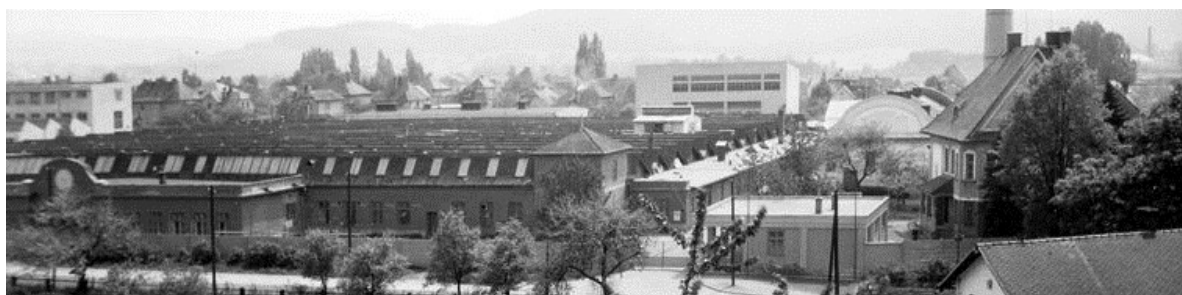
Výměnné břitové destičky se vyrábějí slinováním karbidů kovů. Materiálové složení ovlivňuje vlastnosti destičky, ale jakákoliv destička ze sebelepšího materiálu by byla k ničemu bez správného tvaru – geometrie. Geometrie destičky do značné míry ovlivňuje chování a vlastnosti v procesu obrábění.



Obr. 1 Náhled VBD společnosti Pramet Tools [1]

Pramet Tools

Pramet Tools se zabývá vývojem, výrobou a prodejem obráběcích nástrojů ze slinutého karbidu. Podnik navazuje na více než šedesátiletou tradici výroby slinutého karbidu v Šumperku (Česká republika), kde sídlí výrobní závod a také centrála společnosti. Zde se nachází i veškerá další oddělení, včetně oddělení výzkumu a vývoje, logistiky a marketingu. Dceřinné společnosti se nachází v devíti zemích, včetně zámoří, například v Indii a v Číně. Cílem Prametu je obsluhovat asi 1% světového trhu, což je asi 20 největších světových firem. Zákazníkům nabízí žádané produkty z oblasti všeobecného obrábění a zároveň se specializuje na segmenty železnice a metalurgie, ve kterých je světovou špičkou a inovátorem. Zákazníkům dává k dispozici nástroje poslední generace a průběžně uvádí moderní výkonné materiály a povlaky. [1]



Obr. 2 Historické panorama společnosti Pramet Tools [1]

1 Obecná charakteristika daného problému

1.1 Úvod do problematiky obrábění

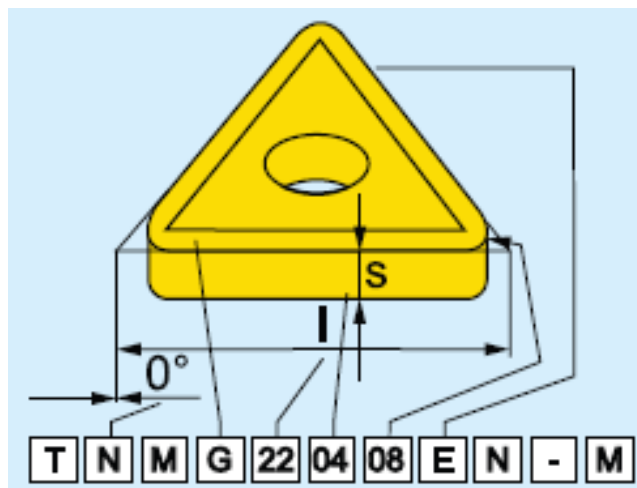
Obráběním rozumíme technologický proces, při kterém se polotovar mění na hotový výrobek požadovaného tvaru, velikosti a jakosti povrchu. V tomto smyslu pod pojem obrábění patří všechny strojírenské technologie, tj. svařování, slévání, řezání, tváření, tepelné zpracování, úpravy povrchu a montážní práce. V užším významu slova obráběním rozumíme technologický proces, při kterém se polotovar mění na hotový výrobek požadovaného tvaru, velikosti a jakosti povrchu odebráním částic materiálu ve formě třísky v případě třískového obrábění nebo ve formě jiných částic při obrábění pomocí elektrického proudu nebo pomocí chemických látek či jejich kombinací.

1.2 Úvod do daného problému

Nástroj, v tomto případě soustružnický nůž, je zpravidla z jednoho kusu materiálu, který je vytvarován do požadovaných rozměrů a je na něm vybroušena geometrie realizující odběr materiálu. Modernější soustružnické nože jsou složeny ze dvou hlavních částí, a to z držáku a výměnné břitové destičky zastávající funkci řezného klínu. Výměnná břitová destička je část nástroje, která realizuje odebrání materiálu ve formě třísek. Výměnné břitové destičky mohou být rozličných tvarů a velikostí, určené pro celou škálu soustružnických operací. Geometrie nástroje je velice důležitá, je určujícím prvkem celého nástroje. Na geometrii výměnné břitové destičky závisí vlastnosti a chování v řezu, rychlost opotřebení. Je rozhodujícím ekonomickým faktorem.

1.3 Systém značení VBD podle ISO

V současné době je na trhu celá řada firem a každá nabízí širokou škálu produktů. Aby nedocházelo k nepřesnostem a chybám ve značení, byl zaveden mezinárodní normalizovaný systém značení podle ISO. Jedná se o skupinu písmen a číslic, z nichž každá má svůj normou daný význam. Vysvětlení značení v Příloze A.



Obr. 3 ISO značení [Příloha A]

1.4 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou materiály s vysokou tvrdostí a velkou odolností proti opotřebení, v současné době se jedná o nepoužívanější řezné materiály. Základním karbidem pro výrobu všech druhů karbidů je karbid wolframu (WC), pojícím kovem je nejčastěji kobalt (Co). Slinuté karbidy rozdělujeme do šesti základních skupin, z nichž každá se následně dělí do podskupin (např. P01, P05, P10), s rostoucím číslem se zvyšuje obsah pojícího kovu, roste houževnatost a pevnost v ohybu, klesá otěruvzdornost a tvrdost. Toto rozdělení je uvedeno v normě ČSN ISO 513. [11]

Tab. 1. Přehled slinutých karbidů [10]

Skupina	Podskupiny	Základní chemické složení	Použití
P	P01, P05, P10, P15, P20, P25, P30, P35, P40, P45, P50	WC (30÷82)% +TiC (8÷64)% +Co (5÷17)% + (TaC.NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou, plynulou třísku: nelegovaná, nízkolegovaná a vysoce legovaná ocel, litá ocel, automatová ocel, nástrojová ocel, feritická a martenzitická korozivzdorná ocel.
M	M01, M05, M10, M15, M20, M25, M30, M35, M40	WC (79÷84)% +TiC (5÷10)% +TaC.NbC (4÷7)% +Co (6÷15)%	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou a střední třísku: austenitická a feriticko austenitická ocel, korozivzdorná, žáruvzdorná, žáropevná, nemagnetická a otěruvzdorná ocel.
K	K01, K05, K10, K15, K20, K25, K30, K35, K40	WC (87÷92)% +Co (4÷12)% + (TaC.NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající krátkou, drobnou třísku: nelegovaná i legovaná šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina.
N	N01, N05, N10, N15, N20, N25, N30		Slinuté karbidy pro obrábění neželezných materiálů: slitiny mědi a hliníku, duroplasty, fibry, plasty s vlákninou, tvrdá guma.
S	S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30		Slinuté karbidy pro obrábění: žáruvzdorné slitiny na bázi Fe, superslitiny na bázi Ni nebo Co, Titanu, Ti slitiny.
H	H01, H05, H10, H15, H20, H25, H30		Slinuté karbidy pro obrábění: zušlechtěné oceli s pevností nad 1500 MPa, kalené oceli HRC 48÷60, tvrzené kokilové litiny HSh 55÷58

2 Analýza materiálů skupiny ISO M

2.1 Co jsou materiály skupiny ISO M

Do skupiny materiálů skupiny ISO M patří korozivzdorné oceli s malým obsahem uhlíku (C) obvykle $\leq 0,05\%$. Odolnost proti korozi vzniká rozpuštěním dostatečného množství chromu v železe, který na povrchu vytvoří souvislý, regenerační a ochranný film oxidu chromu. Hlavním legujícím prvkem je tudíž chrom (Cr) v minimálním obsahu 12%, dalšími legujícími prvky jsou nikl (Ni), molybden (Mo), niob (Nb), titan (Ti) a další. Patří sem feritické, martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické (duplexní) oceli dohromady tvořící velkou skupinu. [2]

Na trhu je k dispozici nepřehledná škála nerezových slitin. Podle prvků, které převažují v materiálové mikrostruktuře, lze nerezové oceli rozdělit do pěti hlavních skupin.

- Martenzitické nerezové oceli (tvrdé a abrazivní, tepelně zpracované, obvykle magnetické)
- Feritické nerezové oceli (v podstatě se jedná o měkké čisté železo, nelze jej tepelně zpracovávat, magnetické)
- Austenitické nerezové oceli (nejběžnější mikrostruktura v nerez, zpravidla ji nelze tepelně zpracovávat, vysoký sklon k deformačnímu zpevnění, nemagnetické)
- Duplexní nerezové oceli (houževnaté, pevné a univerzální, obsahující feritickou i austenitickou fázi, stále více používané, oproti austenitickým nerezovým ocelím obtížně obrobitelné)
- PH – precipitačně vytvrzené nerezové oceli (velmi tvrdé, pevné, tepelně zpracované, slitina reaguje důrazně a rychle na jakékoliv tepelné zpracování)

[3]

2.1.1 Použití

Nerezové oceli jsou používány zejména tam, kde je potřeba vysoká odolnost proti korozi a v aplikacích při zvýšených teplotách v náročných podmínkách, díky své odolnosti proti korozi a schopnosti zachovávat si svoji mechanickou pevnost při vysokých teplotách. Nerezové oceli se používají v petrochemickém a potravinářském průmyslu, automobilovém průmyslu, v zařízeních výroby energie, v papírenském průmyslu a zařízení na zpracovávání celulózy, v zařízeních pro těžbu zemního plynu a ropy.

2.2 Analýza z hlediska obrobitelnosti

2.2.1 Co je to obrobitelnost

Obrobitelnost je široce rozšířený výraz v technologii obrábění. Je to systémová vlastnost, která vyjadřuje, jak účinné může být obrábění za daných technologických podmínek s co nejmenšími náklady. Obrobitelnost je ovlivněna mnoha různými faktory (materiálem obráběné součásti, řeznými podmínkami, použitými řeznými nástroji, strojním vybavením, upnutím nástroje i obrobku, způsobu chlazení, odborné znalosti technologů, atd.). Obvykle se hovoří o obrobitelnosti jako o vlastnosti materiálu.

Nejvýstižnější obecnou definicí pro obrobitelnost by mohl být objem odebraného materiálu na jednotku výkonu. Tradiční postoj k obrobitelnosti je spojován s materiálem obrobku a vztahuje se pouze na opotřebení, životnost řezného nástroje a řezným rychlostem. Při obrábění kovů vzniká silná deformace materiálu obrobku, až se části oddělují ve formě třísek. Je zřejmé, že řada dalších vlastností materiálu má na tento technologický postup velký vliv.

Obrobitelnost závisí na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou:

- způsob výroby a tepelné zpracování obráběného materiálu
- mikrostruktura obráběného materiálu
- chemické složení obráběného materiálu
- fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu
- metoda obrábění
- pracovní prostředí

- řezná geometrie nástroje
- druh a vlastnosti nástrojového materiálu

Technické a konstrukční materiály jsou podle obrobitelnosti členěny do tříd a skupin. V každé skupině je určen jeden materiál sloužící jako etalon obrobitelnosti, relativní obrobitelnost v dané skupině se vztahuje k etalonu. Skupiny obrobitelnosti jsou značeny písmeny.

- a - litiny
- b - oceli
- c - těžké neželezné kovy (měď a její slitiny)
- d - lehké neželezné kovy (hliník a jeho slitiny)
- e - plastické hmoty
- f - přírodní nerostné hmoty
- g - vrstvené hmoty

Třídy jsou označovány čísly (např. 12a, 14b.) Materiály každé skupiny jsou děleny do tříd na základě součinitele (indexu) obrobitelnosti daného vztahem:

$$K_v = \frac{v_{T/VB} \text{ zkoušeného materiálu}}{v_{T/VB} \text{ etalonového materiálu}}$$

případně:

$$K_v = \frac{C_{v_{zk.mat}}}{C_{v_{et.mat}}} * T \left(\frac{1}{m_{et}} - \frac{1}{m_{zk}} \right)$$

$v_{T/VB}$ (pro náš případ) odpovídá v_{15zk} [$m \cdot min^{-1}$], což je řezná rychlost v_c při trvanlivosti $T=15$ minut pro zkoumaný (sledovaný) materiál

$v_{T/VB}$ (pro náš případ) odpovídá v_{15zk} [$m \cdot min^{-1}$], je řezná rychlost v_c při trvanlivosti $T=15$ minut pro referenční (etalonový) materiál

Tab. 2. Hodnoty součinitele K_v (indexu) obrobitelnosti pro jednotlivé třídy skupiny ocelí
[12]

Třída	K_v			Třída	K_v		
	vyjádřeno kvocientem	střední hodnota	rozsah		vyjádřeno kvocientem	střední hodnota	rozsah
1b	$1,26^{-13}$	0,050	0,045-0,054	11b	$1,26^{-3}$	0,50	0,45-0,56
2b	$1,26^{-12}$	0,065	0,055-0,069	12b	$1,26^{-2}$	0,63	0,57-0,71
3b	$1\ 26^{-11}$	0,080	0,070-0,089	13b	$1\ 26^{-1}$	0,80	0, 72-0,89
4b	$1,26^{-10}$	0,10	0,09-0,11	14b	$1,26^0$	1,00	0,90-1,12
5b	$1,26^{-9}$	0,13	0,12-0,14	15b	$1,26^1$	1,26	1,13-1,41
6b	$1,26^{-8}$	0,16	0,15-0,17	16b	$1,26^2$	1,59	1,42-1,78
7b	$1,26^{-7}$	0,20	0,18-0,22	17b	$1,26^3$	2,00	1,79-2,24
8b	$1\ 26^{-6}$	0,25	0,23-0,28	18b	$1\ 26^4$	2,50	2,25-2,82
9b	$1\ 26^{-5}$	0,32	0,29-0,35	19b	$1\ 26^5$	3,15	2,83-3,55
10b	$1\ 26^{-4}$	0,40	0,36-0,44	20b	$1\ 26^6$	4,00	3,56-4,47

Střední hodnoty indexu obrobitelnosti v jednotlivých třídách jsou odstupňovány dle geometrické řady s koeficientem q :

$$q = \sqrt[10]{10} = 1,26$$

Třída etanolového materiálu má hodnotu $q = 1$. Řezná rychlost v_{ct} v dané třídě je vždy 1,26krát vyšší nebo nižší, než rychlost v sousední třídě. Materiály v třídách s nižším číslem oproti etalonu mají horší obrobitelnost než etalonový materiál, tedy materiál v dané třídě s nejnižším číslem se nejhůře obrábí, naopak materiály s vyšším číslem oproti etalonu se obrábí lépe. Obrobitelnost je převážně vlastností materiálu, ale musí být posuzována v úzké souvislosti s rezivostí nástroje použitého pro zkoušky obrobitelnosti. [12]

Obrobitelnost nerezových ocelí se liší od ocelí, které jsou v současném světě obrábění kovů stále považovány za referenční materiály. Je nutné pochopit, že obrobitelnost těchto materiálů v porovnání s ocelí nemusí být nutně definovaná jako nižší, nýbrž jako odlišná. I pro tyto materiály může být maximalizována efektivita výroby. [3]

2.2.2 Kvantifikace

Obrobitelnost lze posoudit z několika kvalitních měřítek:

- Index obrobitelnosti (uvedené průměrné hodnocení v porovnání s referenčními materiály, toto měřítko však může být zavádějící)
- Teplota utváření třísky (množství tepla odvedeného třískou)
- Aspekty vlivu na životní prostředí
- Životnost nástroje (provozní čas v minutách nebo čas do úplného opotřebení nástroje za určitých řezných podmínek či odebírané množství materiálu před úplným opotřebením řezné hrany)
- Kvalita povrchu (za standardizovaných řezných podmínek)
- Řezné síly

2.2.3 Kvalifikace

Obrobitelnost lze kvalifikovat za dobrou při vyhovění jednoho či více z následujících kritérií:

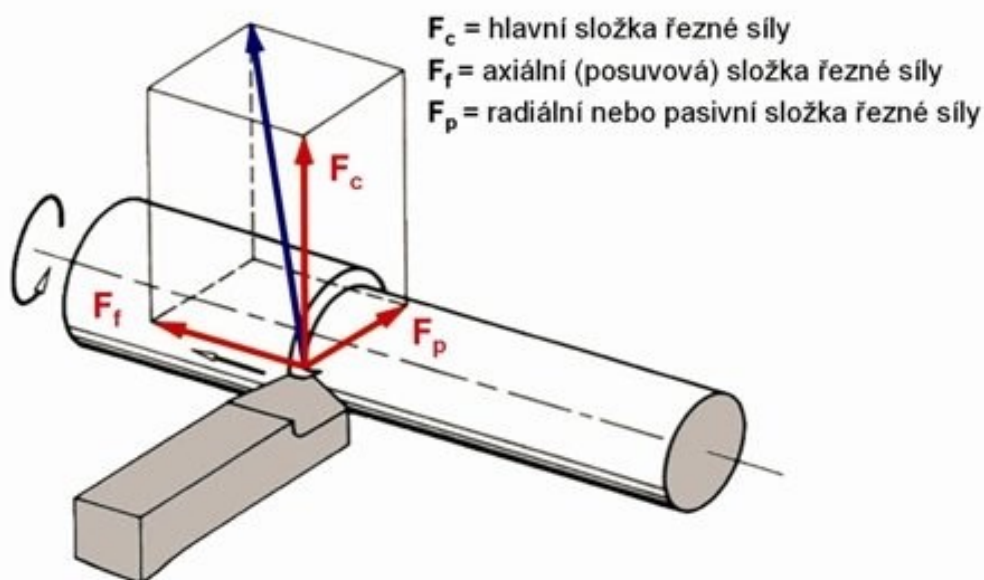
- Minimální opotřebení nástroje (maximální životnost)
- Obrábění s minimálními energetickými požadavky
- Minimální řezné síly
- Eliminováním problémů s utvářením a odvodem třísky
- Dobrá kvalita obrobeného povrchu

Dobrá obrobitelnost představuje co nejhospodárnější výrobu za daných technologických podmínek. [3]

2.2.4 Řezné síly

Při obrábění vtlačujeme řeznou hranu velkou silou do materiálu obrobku, který se deformuje tak silně, až dochází k oddělování částí materiálu ve formě třísky. Řezné síly jsou limitujícím prvkem obrobitelnosti, ovlivňují spotřebu energie během obráběcího procesu. Vysoké řezné síly znamenají vysoký výkon a použitelný výkon je omezen. Vysoké řezné síly působí velké deformace řezných nástrojů a obrobku a tím mají za následek vibrace, deformace obrobku a s tím spojenou ztrátu tolerance. V případě vysokých řezných sil dochází k rychlému opotřebení nástroje (vylomení řezné hrany nástroje). Proto je hlavním úkolem v technologii najít rovnováhu, která vede k hospodárnosti výroby.

Řezné síly jsou ovlivňovány zejména materiálem obrobku, použitelnými řeznými podmínkami a geometrií nástroje. Čím je obráběný materiál tvrdší (odolnější vůči deformaci) tím vyšší jsou řezné síly. Čím bude řezná hrana nástroje ostřejší, tím budou řezné síly menší. Důležitou roli hraje úhel čela, více pozitivní úhel čela (ostřejší řezná hrana) sníží řezné síly, ale příliš pozitivní úhel čela (řezná hrana) představuje snadno vylomitelnou (křehkou) řeznou hranu. [3]



Obr. 4 Řezné síly [3]

2.2.5 Tvrdost

Tvrdost je nejčastěji definována jako odpor materiálu proti vniknutí cizího tělesa. Tvrdost je jedna z nejdůležitějších mechanických vlastností materiálu. S omezením lze podle tvrdosti posuzovat chování materiálu při jiném způsobu namáhání. Obrovský význam má tvrdost pro konstrukční materiály. Nerezové oceli jsou tvrdostí srovnatelné s běžnou ocelí. Řezné síly budou tudíž srovnatelné jako u ocelí a nejsou nutná speciální opatření pro kompenzaci řezných sil.

Tvrdost zjišťujeme pomocí zkoušek zařízeními zvanými tvrdoměry:

- Zkouška podle Rockwella (vtlačuje se diamantový kužel o vrcholovém úhlu 120° , měří se hloubka vtisku)
- Zkouška podle Vickerse (vtlačuje se čtyřboký jehlan o vrcholovém úhlu 136° , následně se měří délka úhlopříček vtisku)
- Zkouška podle Brinella (vtlačuje se ocelová kulička o daném průměru, průměr vtlačované kuličky závisí na tloušťce měřeného materiálu, tvrdost se určuje aritmetickým průměrem vtisku kuličky) [4]

2.2.6 Pevnost

Pevnost je mechanická vlastnost materiálu vyjadřující odolnost proti vnějším silám. Pevnost rozdělujeme podle působení zatěžující síly na tyto základní druhy:

- Pevnost v tahu (pevnost v tahu nejčastěji zjišťujeme pomocí tahové zkoušky, ta spočívá v zatěžování zkoušeného vzorku materiálu tahovou silou)
- Pevnost v ohybu (zkušební tyč je vložena na podpěrách a je uprostřed zatěžovaná silou)
- Pevnost v krutu (měří se krouticí moment a úhel kroucení tyče na určité délce)
- Pevnost ve stříhu (ze zatížení, které poruší zkušební tyč, se vypočte mez pevnosti ve stříhu)

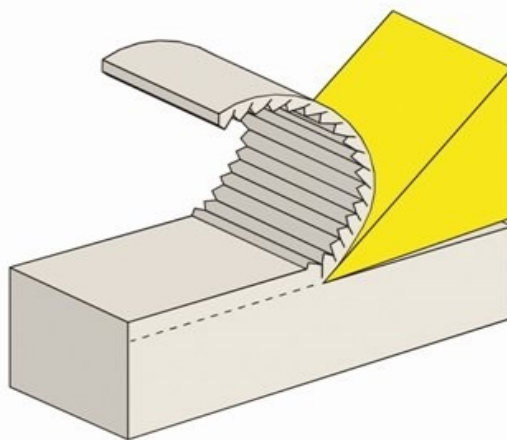
2.2.7 Charakteristika řezných odporů

Řezným odporem rozumíme odpor materiálu obrobku proti vnikání nástroje a odebrání třísky. Řezný odpor je ve vztahu s řeznou silou, což je síla, kterou je potřebné vynaložit na překonání řezného odporu. Řezný odpor i řezná síla mají obecný směr. Jsou rozkládány do složek základních pohybů při obrábění. Řezný odpor způsobují mnohé faktory:

- Vnitřní tření při tvoření třísky
- Soudržnost materiálu
- Deformace třísky a obrobené plochy
- Třením třísky po čele nástroje
- Třením obrobené plochy na hřbetu nástroje

2.2.8 Schopnost utváření třísky

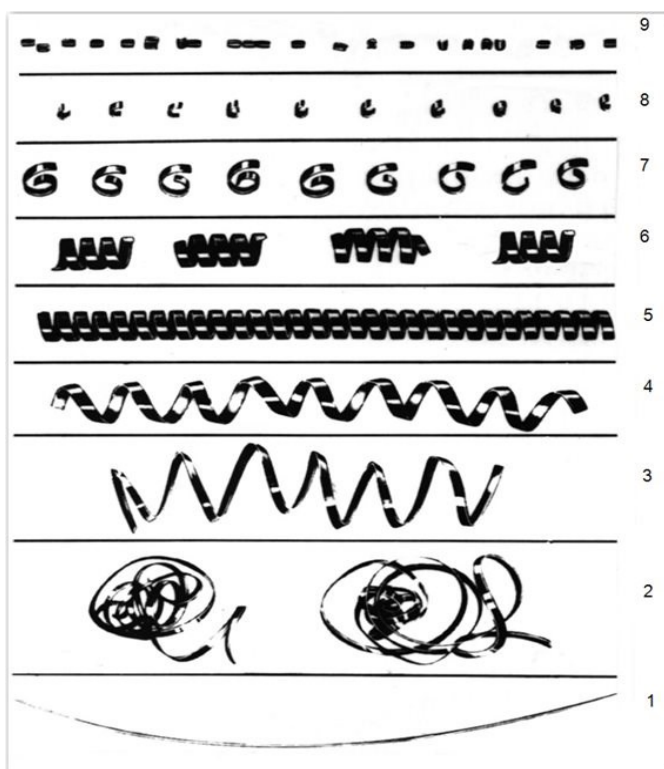
Během procesu obrábění kovů je materiál z obrobku odebírán řeznou hranou nástroje ve formě třísek. Pokud jsou vzniklé třísky odebírány nesprávným způsobem nebo mají-li nesprávný tvar, dojde ke snížení obrobiteľnosti. Správné utváření a odvod třísky je důležitý pro zajištění vysoké obrobiteľnosti a efektivity výroby. Způsob utváření třísky závisí na geometrii řezné hrany. Vhodně zvolená geometrie řezné hrany a utvařeče třísky zaručují dlouhou životnost nástroje, nízké řezné síly, správné utváření třísek a jejich snadný odvod, tím i stabilní a bezpečný proces.



Obr. 5 Způsob utváření třísky [3]

Správné utváření třísky zamezuje poškození nástroje, obrobku i případnému zranění pracovníka, předchází prostojům ve výrobním procesu a problému s odvodem třísky. Dá se tedy říci, že kratší třísky jsou lepší, ale je nutné podotknout, že třísky by neměly být ani příliš krátké, aby nesnižovaly životnost nástroje. Velmi krátké třísky totiž způsobují mikrotrhliny na řezné hraně nástroje, což vede k předčasnému vylomení řezné hrany. Pokud zvážíme tyto faktory, tak nejlepší tříska, které chceme dosáhnout, je v níže uvedené tabulce znázorněna v řádcích 6, 7 a 8.

Prvním ovlivňujícím faktorem pro je materiál obráběné součásti, známe materiály s extrémně dlouhou třískou (neželezné kovy), materiály s dlouhou třískou (oceli) a materiály s krátkou třískou (kalené materiály a litiny), materiály u kterých se tvoří třísky nepravidelných tvarů (nerezové oceli, titanové slitiny, vysoce legované slitiny). Významnými vlastnostmi materiálu jsou pevnost v tahu, tvrdost (větší tvrdost zapříčiňuje kratší třísky), tažnost (větší tažnost vede k utváření delších třísek). Zde je velký rozdíl mezi nerezovou ocelí a ocelí. Nerezová ocel má vyšší tažnost než ocel, proto při obrábění nerezové oceli vznikají delší třísky. Důležitým faktorem je i tvar použitého nástroje, toto bude popsáno v další části práce (2.3.5 – Utváření třísky). [3]



Obr. 6 Tvary třísek [3]

2.2.9 Zpevnění obrobeného povrchu

Zpevnění povrchu je vnějším projevem plastické deformace. Zpevnění charakterizujeme jako zvýšený odpor krystalové stavby kovové hmoty proti pohybu dislokací jako nositelů plastické deformace. Všechny jevy, které brání v pohybu dislokací (hranice zrn, jiné dislokace, precipitáty, apod.), zvyšují deformace.

Příčiny vzniku deformací pod obrobenými povrchy je možné hledat ve skutečnosti, že řezný klín nástroje není nikdy ideálně ostrý (průsečnice čelní a hřbetní plochy není ideální hrana, ale přechodová část je tvořena zaoblením řezného klínu). [6]

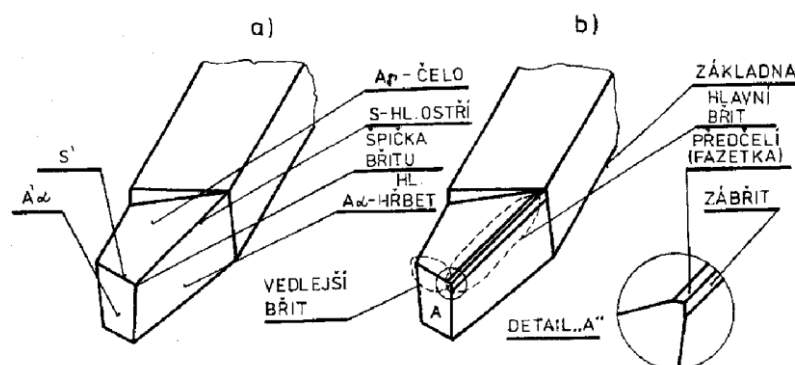
Na zpevnění povrchu mají vliv:

- Vlastnosti obráběného materiálu
- Druh krystalové mřížky (hexagonální, kubická plošně centrovaná, kubické prostorově centrovaná)
- Řezné podmínky (řezná rychlost, posuv, hloubka řezu)

2.3 Analýza z hlediska použitých nástrojů

2.3.1 Geometrie nástrojů

Můžeme konstatovat, že třísky musejí být odváděny od řezné hrany tím nejlepším způsobem, přičemž odvod třísek je ovlivněn především geometrií nástroje. Základní geometrii můžeme chápat jako způsob upnutí břitové destičky v držáku. Existují dvě základní geometrie nástroje: pozitivní a negativní. Pozitivní geometrie (v kombinaci s rovnou plochou čela) poskytuje nižší řezné síly a vznik tepla, obecně lepší odvod třísek. Nevýhodou této geometrie je její menší pevnost. Negativní geometrie (v kombinaci s rovnou plochou čela) zaručuje pevný nástroj, ale i vyšší řezné síly, větší množství vzniklého tepla a horší odvod třísky.



Obr. 7 Základní geometrie [14]

Skutečná řezná geometrie se nachází na břitě nástroje. Tato geometrie se skládá ze tří částí (geometrie řezné hrany, T-fazetky, geometrie utvařeče třísek). Všechny musejí být optimálně zkombinovány pro dosažení nejlepších vlastností VBD při obrábění.

Existují tři základní typy geometrie řezné hrany (ostrá, zkosená, zaoblená). Ostrá řezná hrana se vyznačuje nízkými řeznými silami, snižuje riziko nárůstu, přispívá k životnosti nástroje, ale není stabilní (hrozí vyštipování částí břitu a tím dochází ke zkrácení životnosti nástroje). Zkosená a zaoblená řezná hrana přispívá k větší trvanlivosti a tím pádem k ekonomičtější výrobě (menší spotřeba VBD).

Geometrie T-fazetky tvoří přechodovou oblast mezi geometrií břitu a utvařeče třísek, geometrie T-fazetky je pozitivní a negativní. Pro obrábění nerezových ocelí a vysokolegovaných slitin je určena pozitivní geometrie. Vyznačuje se generováním méně tepla i menších teplot při procesu obrábění, způsobuje menší opotřebení řezné hrany, zvyšuje kapacitu řezné rychlosti, oblasti s maximálním tlakem jsou menší (menší zátěž břitu) a snižuje řezné síly. Nevýhodou je vyšší koncentrace napětí na břitu a zvýšené riziko vyštipování břitu nástroje. Geometrií břitu a T-fazetky ovlivňujeme životnost břitu nástroje. Abychom dokázali plně využít geometrii řezné hrany a T-fazetky, musíme dodržovat jedno velmi důležité pravidlo: posuv musí být větší než velikost těchto geometrií. [3]

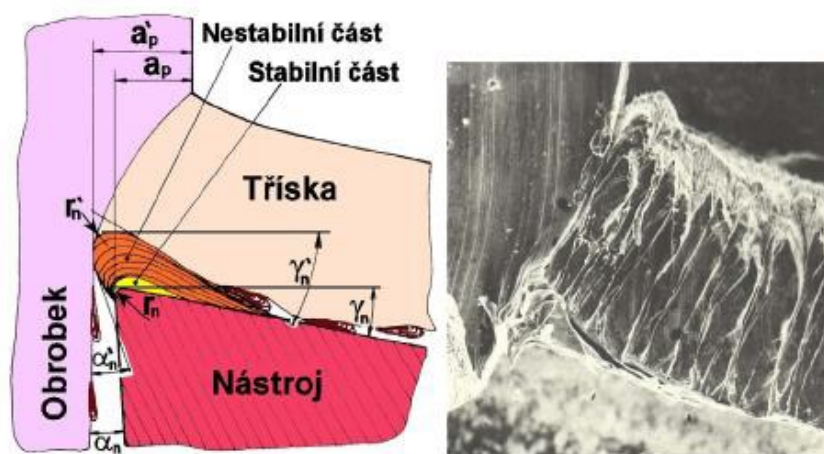
Geometrie utvařeče třísky závisí na obráběném materiálu a na druhu operace, pro které je daná VBD určena (hrubování, dokončování). Utvařeč třísek je zjednodušeně řečeno žlábek, ve kterém dochází k formování (utváření) případně lámání vznikající třísky. Tvar geometrie třísky je dán geometrií utvařeče třísky. Utvařeč třísky musí zaručit správné utváření třísky a tím zabezpečovat odvod tepla z místa řezu.

2.3.2 Tvorba nárůstku

Při řezném procesu za určitých řezných podmínek se tvoří na čele nástroje upěchovaná vrstva kovu, která ulpívá na břitu ostří, tzv. nárůstek. Nárůstek je tvořen silně napěchovanou vrstvou obráběného materiálu. Tato vrstva má v důsledku probíhajících dějů odlišnou strukturu a je charakterizována vyšší tvrdostí a pevností. Vytváří se periodicky, po utvoření dojde k odlomení a opětovnému růstu nárůstku. Intenzita utváření nárůstku je dána řeznými podmínkami. Nárůstek se působením vysokého tlaku vytváří na břitu nástroje. Nejvíce nárůstek vzniká tam, kde je zvýšená chemická aktivita, vysoký tlak a dostačující teplota v místě řezu. Nárůstek je tvořen dvěma částmi, stabilní a nestabilní. Nárůstek vzhledem ke svým vlastnostem po určitou dobu přebírá funkci břitu a tím chrání řezný nástroj před opotřebením. Ovšem v okamžiku porušení stabilní části nárůstku může způsobit velké opotřebení, což se projeví v jakosti obrobene plochy. [3]

Nárůstek ovlivňuje:

- Mění geometrii nástroje (zvětšuje úhel čela a úhel hřbetu, zvětšuje poloměr zaoblení ostří, zmenšuje úhel řezu)
- Zhoršuje strukturu obrobene plochy (nestabilní část nárůstku přilne k obrobene ploše)
- Mění skutečné rozměry obrobku (v důsledku různých hodnot požadované hloubky řezu a výsledné hloubky řezu)
- Způsobuje samovolné kmitání celé soustavy (stroj-nástroj-obrobek)

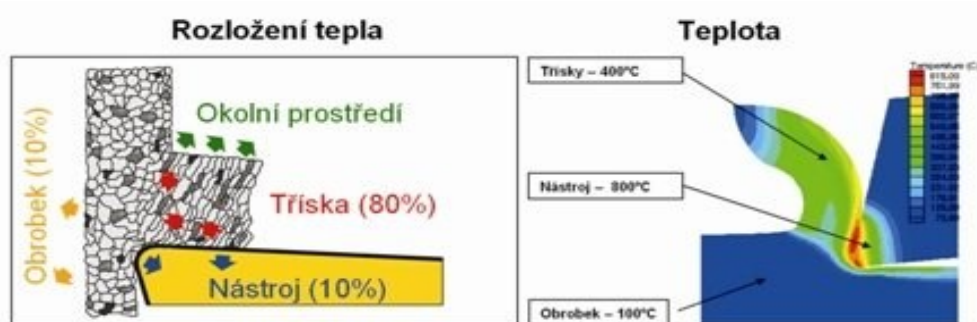


Obr. 8 Tvorba nárůstku u kořene třísky [3]

2.3.3 Teploty při obrábění

Obrábění je proces, při kterém je materiál obrobku deformován tak silně, až dochází k oddělování třísek. Při tomto procesu dochází ke vzniku velkého množství tepla, většina se tvoří v oblasti, kde dochází ke stříhu, méně tepla je pak generováno třením mezi třískami, řeznou hranou a obrobkem. Teplota na řezné hraně je závislá mimo jiné na tepelné vodivosti obráběného materiálu (třísek) a břitové destičky, řezných podmínkách a geometrii řezné hrany. Tato teplota výrazně ovlivňuje životnost nástroje. [3]

Část řezné hrany kde dochází k ovlivňování vlastností vyšší teplotou, nazýváme Heat Affected Zone (HAZ) – Tepelně ovlivněná zóna. V této zóně se nachází bod (geometrický), kde jsou teploty nejvyšší. Tento bod se nazývá Peak Temperature Point (PTP) – bod nejvyšší teploty. Průměrná teplota tepelně ovlivněné zóny se nazývá kompulzivní teplota – CT. [3]



Obr. 9 Teplo a teplota technologií obrábění kovů [3]

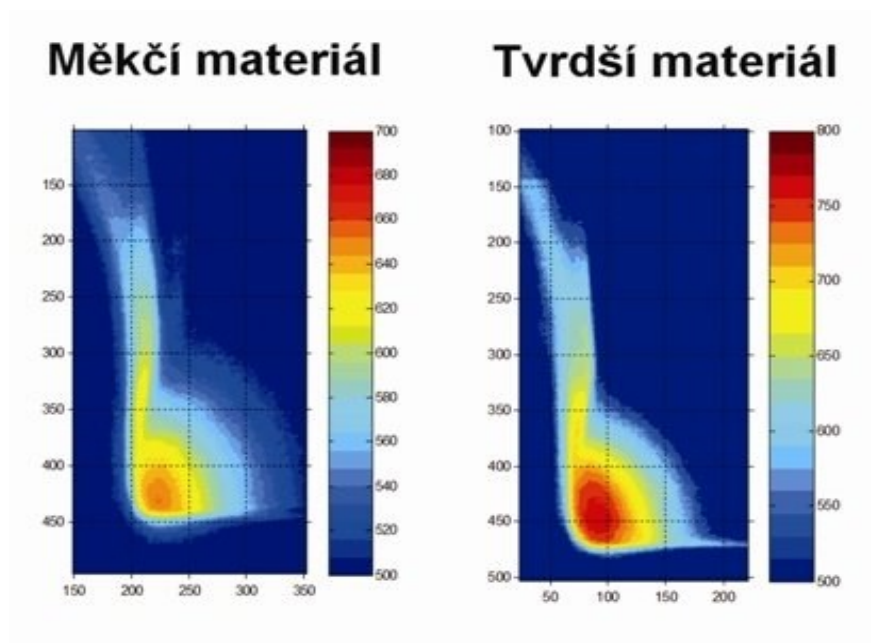
Pokud dojde v oblasti řezu k velkému vzrůstu nahromaděného tepla, může dojít ke zhoršení vlastností řezné hrany (zkrácení životnosti nástroje) a ke změně struktury materiálu obrobku. Aby bylo obrábění efektivní, musí být teplota udržena na optimální úrovni vytvářením menšího množství tepla a jeho maximálním odváděním z oblasti řezu.

Existuje mnoho způsobů, jak omezit množství tepla generovaného při obrábění. Z hlediska řezného nástroje je důležitá geometrie břitu (ostřejší řezná hrana snadněji odřezává materiál obrobku a méně jej deformuje, čímž se vytváří méně tepla). Řezná rychlost je také důležitým faktorem. Vyšší rychlost rychleji deformuje materiál a tím dochází k vytváření více tepla. Ovšem při vyšších řezných rychlostech dochází ke změkčení materiálu obrobku v oblasti řezu a tím ke snadnějšímu oddělování třísek.

Při vyšších rychlostech dochází k větší tvorbě třísek, více materiálu ve formě třísek odvede z místa řezu více tepla. [3]

Odvod tepla třískami je nejefektivnější způsob odvodu tepla z oblasti řezu. Pokud je ovšem tepelná vodivost obráběného materiálu nízká (nerezové oceli), odvod tepla třískami je obtížnější. Více tepla se přenáší do řezné hrany, což zapříčiňuje snížení životnosti nástroje. Čím je tepelná vodivost materiálu menší, tím více tepla zůstává v teplem ovlivněné zóně a zvyšuje teplotu v řezu. Výsledkem je větší teplem ovlivněná zóna (HAZ) a vyšší kompulzivní teplota (CT). [3]

Tvrдост materiálu je také důležitým faktorem. Tvrdší materiál obrobku je více odolný proti deformaci a během obrábění tak vzniká více tepla, což zvyšuje teplotu na řezné hraně nástroje. Pro vyvážení tohoto jevu je potřebné snížit řeznou rychlost. [3]



Obr. 10 Vliv tvrdosti materiálu na teplotu [3]

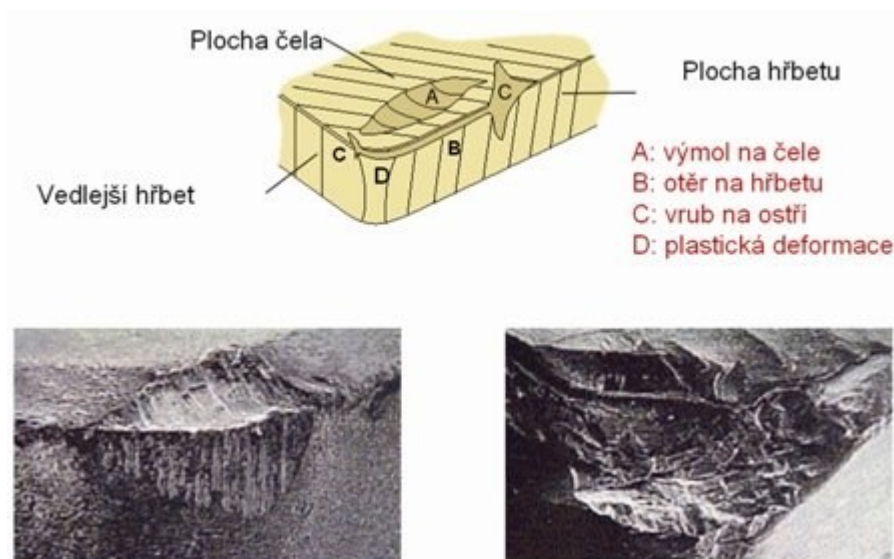
Kontrola tepelně ovlivněné zóny (HAZ), bodu nejvyšší teploty (PTP) a kompozitní teploty (CT) jsou důležitými elementy při kontrole procesu obrábění. Standardním cílem bývá dosažení minimálních nákladů a maximální produktivity výroby. K dosažení tohoto cíle výrazně přispívá pochopení teplotních cyklů při procesu obrábění.

2.3.4 Opotřebení používaných nástrojů

Opotřebení nástrojů v procesu obrábění je zcela normální fyzikální jev. Není tedy zapotřebí plýtvat finančními prostředky a časem s cílem opotřebení zabránit, je totiž nemožné opotřebení nástrojů zabránit. Opotřebení ostří musí být bezpečné, kontrolované a předvídatelné. S ohledem na tyto předpoklady (bezpečnost, kontrola, předvídatelnost) jsou přípustné tyto případy:

- Otěr na hřbetu
- Plastická deformace
- Výmol na čele
- Vrub na ostří

Ostatním případům je ovšem nutné se vyhnout, neboť právě ony vedou k nepředvídatelnému chování nástroje.



Obr. 11 Opotřebení nástroje [3]

Otěr na hřbetu nástroje. Otěr na hřbetu je žádoucí vadou, protože je předvídatelný a kontrolovatelný. K opotřebení hřbetu nástroje dochází relativně v krátkém čase, což z hlediska životnosti nástroje nelze akceptovat. Hlavní příčinou opotřebení na hřbetu je abraze. Jedná se o tvrdé mikroskopické vměstky karbidu či zakalených částic materiálu obrobku. Toto opotřebení způsobují taktéž i odlupující se mikročástice povlaku nástroje zasekávající se do ostří. Kobalt opouští základní strukturu, zrna karbidu ztrácejí adhezi a vylamují se. Opotřebení hřbetu se projevuje jako relativně stejnoměrné broušení po celé

jeho užitečné délce. V některých případech může ulpělý kov materiálu obrobku opticky zvětšovat oblast opotřebení. Otěr na hřbetu se projevuje ve všech materiálech.

Možná opatření projevili-li se otěr na hřbetu příliš rychle:

- Zvýšení posuvové rychlosti
- Snížení řezné rychlosti
- Volba otěru-vzdornějšího či tvrdšího povlaku
- Účinnější způsob chlazení



Obr. 12 Otěr na hřbetu [3]

Výmol na čele. Kombinace porušení struktury, difuze a abrazivního opotřebení způsobuje vznik výmolů. Teplo z třísek odebíraných z obrobku uvolňuje zrna wolframu ze základní struktury substrátu. Výměnné břitové destičky a uhlík se pojí s materiálem třísky (difuze), což zapříčiňuje vznik výmolů na horní části destičky. Může vzniknout i tak velký výmol, že způsobí vydrolování či příliš rychlý otěr na ostří nástroje. Opotřebení typu výmolů se projevuje na čele nástroje jako malá jamka na vrchní části destičky [3]

Možná opatření proti vzniku výmolů:

- Použití povlaky se silnou vrstvou oxidů hliníku
- Použití chlazení
- Snížit řeznou rychlost
- Zvolit geometrii pro malý vznik tepla
- Snížení posuvové rychlosti



Obr. 13 Výmol na čele destičky [3]

Plastická deformace. Hlavním důvodem je tepelné přetížení, vysoká teplota, mechanické přetížení, způsobující měknutí pojiva (kobaltu) výměnné břitové destičky. Tlak působící na destičku deformuje špičku a ostří, v některých případech může dojít až k odlomení špičky nebo k rychlému opotřebení hřbetu. Projevem plastické deformace je deformace ostří destičky, které mohou zapříčinit změny rozměrů obrobku. Tento druh opotřebení lze očekávat u operací prováděných za vysokých teplot, při vysokých řezných rychlostech a při dlouhých dobách v řezu spojených s vysokými posuvy. Plastická deformace se nejčastěji vyskytuje u kalených ocelí nebo u materiálů s deformačně zpevněným povrchem a vysokoteplotních slitin. [3]

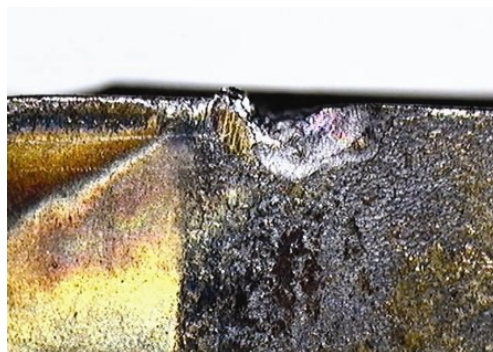
Možná opatření proti vzniku plastické deformace:

- Použití účinnějšího způsobu chlazení
- Zvolit destičku s větším rádiusem špičky
- Použití tvrdší a otěruvzdornější třídy řezného materiálu



Obr. 14 Plastická deformace destičky [3]

Vrub na ostří. Ke vzniku vrubu dochází v případě, že povrch obrobku je tvrdší nebo abrazivnější než materiál jádra destičky, např. předchozími řezy nebo technologickými operacemi zpevněná povrchová vrstva (výkovky, odlitky, nerezové oceli, slitiny titanu a vysokoteplotní slitiny). Ke vzniku vrubů přispívá i místní koncentrace zatížení. Vrub může také vzniknout drobnými nepravidelnostmi řezu a také inkluzí tvrdých mikročástic obrobku. [3]



Obr. 15 Vrub na ostří [3]

2.3.5 Utváření třísky

Důležitým faktorem v tvorbě třísky je geometrie nástroje. Větší úhel čela umožňuje snížení řezné síly, třísky však vykazují tendenci k tvorbě dlouhých třísek. Menší úhly řezné hrany zapříčiňují tvorbu dlouhých třísek. Rozhodujícími faktory pro kontrolování tvorby třísek jsou řezná hrana a geometrie utvařeče (za předpokladu, že jsou pro tuto geometrii zvoleny správné řezné podmínky). [3]

Nejdůležitější pro kontrolu utváření třísek jsou řezné podmínky. Vhodná hloubka řezu a volba posuvu zaručují správnou tvorbu třísek. V případě, že je hloubka řezu příliš malá, může docházet k tvorbě tzv. čtvercových třísek, které jsou nebezpečné jak pro obsluhu stroje, tak pro řeznou hranu. Zajímavou řeznou podmínkou vzniklou kombinací hloubky řezu a posuvu je štíhlostní poměr třísky. Tento poměr je definován jako hloubka řezu děleno posuvem, teoreticky by tento poměr měl být co možno nejblíže hodnotě 10 (hloubka řezu 10x větší než posuv), odchylky této hodnoty ovlivňuje obráběný materiál. [3]

2.4 Vývojové trendy v oblasti soustružení materiálů skupiny ISO M

2.4.1 Směr vývoje

V oblasti soustružení materiálů skupiny ISO M se vývoj ubírá především dvěma základními směry. Především je kladen důraz na vývoj stále lepších řezných materiálů, které obstojí právě v těchto podmínkách obrábění nerezových ocelí. Řezný materiál určený pro obrábění nerezových ocelí by měl být vysoce houževnatý a být zároveň i vysoce odolný vůči opotřebení. Vývoj se samozřejmě také zaměřuje na nové geometrie VBD, převážně tedy na utvařeče třísky.

2.4.2 Analýza trhu

Na českém trhu v této době figuruje mnoho firem ať už tuzemských nebo světových zabývajících se výrobou VBD ze slinutého karbidu. Tyto firmy jsou přímými konkurenty Pramet Tools. V této práci budou uvedeny VBD od těchto firem: Kyocera, Ingersol (TaeguTec), Tungaloy; od těchto jmenovaných firem bude uvedena alespoň jedna VBD určená pro obrábění nerezových ocelí. Nejvíce nás u těchto vybraných firem a jejich destiček bude zajímat, jaký utvařeč třísky používají. Bude se jednat o destičky označované podle ISO kódu takto **CNMG 12 04 08** navržené pro práci v těchto parametrech:

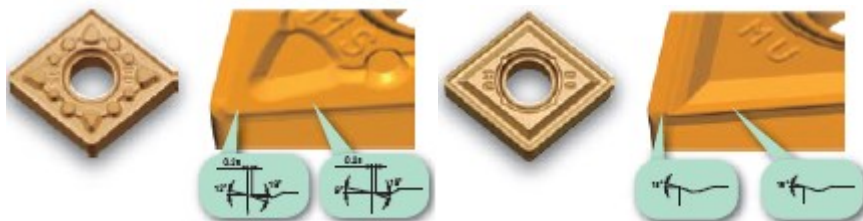
Posuv: $f = 0,2 - 0,5 \text{ mm/ot}$

Hloubka řezu: $a_p = 0,5 - 4,5 \text{ mm}$

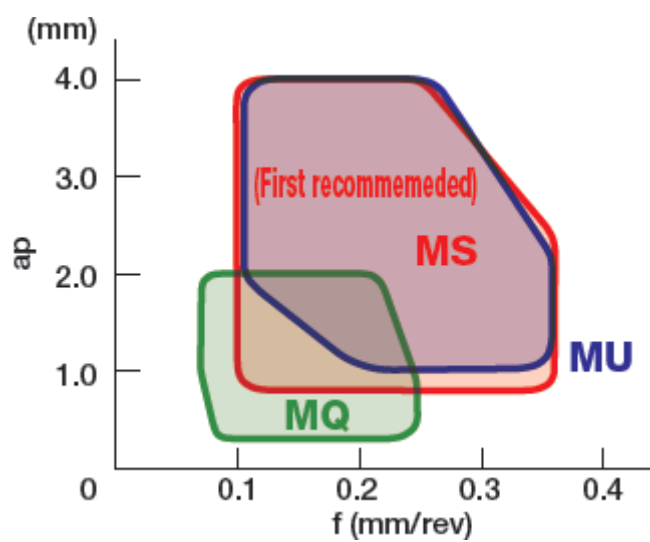


Obr. 16 VBD firem Kyocera, Ingersol (Taegutec), Tungaloy

Kyocera od této firmy jsou uvedeny utvařeče MS a MU



Obr. 17 Utvařeče MS a MU [7]



Obr. 18 Pracovní oblast utvařečů MS, MU, MQ [7]

Ingersol (TaeguTec) od této firmy jsou uvedeny utvařeče PC a EM

CNMG 12 04 08 PC

$f = 0,15-0,50 \text{ mm/ot}$, $a_p = 0,5-5,0 \text{ mm}$ str. 26



Obr. 19 Utvařeč PC [8]

CNMG 12 04 08 EM

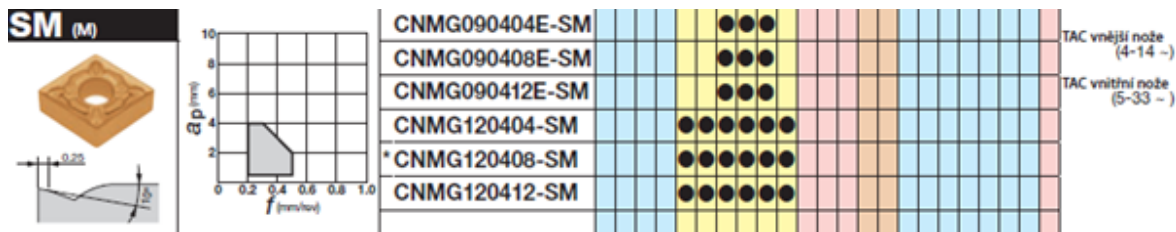
$f = 0,23-0,60 \text{ mm/ot}$, $a_p = 0,5-5,0 \text{ mm}$ str. 24



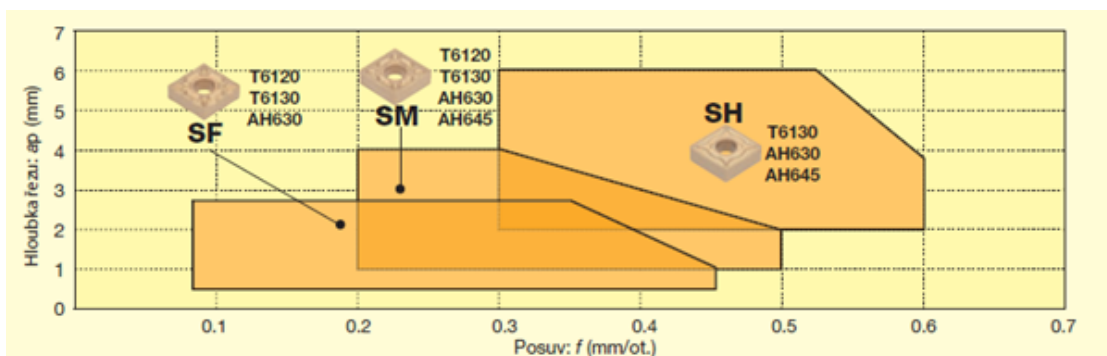
Obr. 20 Utvařeč EM [8]

Tungaloy od této firmy je utvařeč SM

CNMG 12 04 08 SM str. 84



Obr. 21 Utvařeč SM [9]



Obr. 22 Pracovní oblast utvařečů SF, SM, SH [9]

3 Výběr VBD a návrh zkoušek

3.1 Používané zkoušky

3.1.1 Zkouška utváření třísky

Jedná se o vizuální zkoušku. Při této zkoušce se zjišťuje schopnost VBD utváření třísky z referenčního materiálu za podmínek stanovených výrobcem (hloubka řezu, posuv). Tyto podmínky jsou pracovní oblastí každé VBD. Zkouška je prováděna na CNC stroji, podle určení destičky buď na soustruhu nebo frézce. Tato práce se zabývá VBD pro soustružení a proto bude dále popisována zkouška na CNC soustruhu.



Obr. 23 CNC soustruh MAS standart S80i

VBD je upnuta do nástrojového držáku, se kterým dohromady tvoří soustružnický nůž. Tento nůž (VBD + nástrojový držák) je vložen do nástrojové hlavy CNC stroje a následně upnut. Do stroje je vložen referenční materiál (nerezová ocel) v podobě kulatiny, který je následně upnut. Stroj je nastaven na pracovní podmínky pro danou VBD. Průběh zkoušky spočívá v tom, že VBD provede jeden nebo více řezů, při určitém posuvu a hloubce řezu. V průběhu řezu zkušena obsluha zrakem sleduje tvořící se třísku a porovnává ji s tabulkou, tyto údaje zapisuje číselně (každý tvar třísky má své číslo,

kapitola 2.2.8 Obr. 4 Tvary třísek) do tabulky, někdy se tyto výsledky znázorňují také graficky. Po zaznamenání výsledků z řezu se změní parametry a proces se opakuje, dokud není prověřena celá pracovní oblast VBD. Výsledky této zkoušky se také mohou zaznamenávat způsobem fotografování třísek za daných podmínek vznikajících, třísky jsou vyrovnány na vytištěnou tabulku s uvedenými řeznými podmínkami a následně vyfotografovány.

3.1.2 Řezné síly

Přímé měření řezných sil provádíme pomocí dynamometrů. Dynamometr je měřicí přístroj, který měří deformace v soustavě stroj – nástroj – obrobek během procesu obrábění. Dynamometr musí zaručit nezávislost měřící veličiny na provozních vlastnostech přístroje, dále je od něj požadováno, že bude měřit sledovanou veličinu ve zvoleném rozsahu s maximální přesností. Dynamometr musí zaručit stálost naměřených hodnot v čase a jejich reprodukovatelnost. [13]

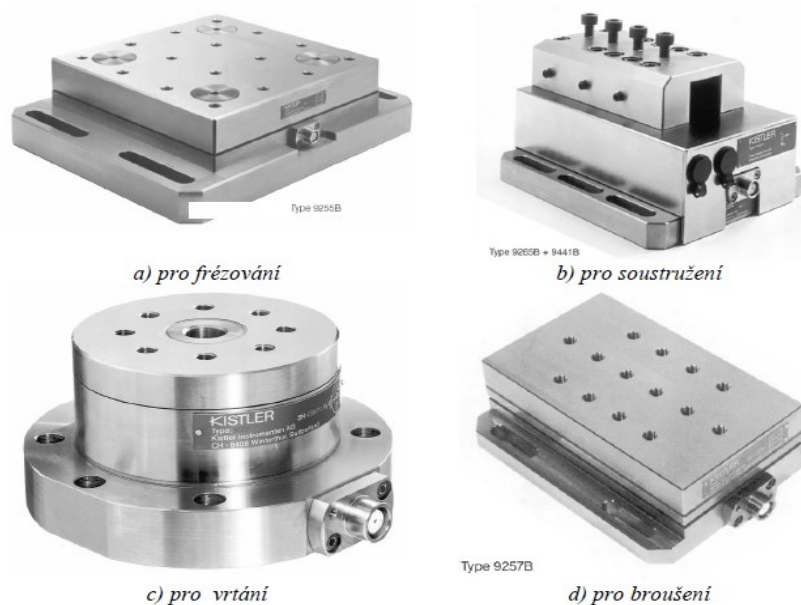
Dynamometry lze rozdělit podle několika základních hledisek.

Rozdělení dynamometrů:

- Podle počtu měřených složek (jednosložkové, dvousložkové, třísložkové a pro měření točivých (kroutících) momentů)
 - Podle aplikované měřící metody a způsobu přenosu působení síly (hydraulické, mechanické, pneumatické a elektrické)
 - Podle metody obrábění (pro soustružení, frézování, broušení, vrtání a univerzální)
- [13]

Aparatura na měření složek řezné síly se zpravidla skládá ze tří hlavních částí:

- Pružný člen (přebírá vnější zatížení tj. deformace a změny polohy)
- Snímač (mění mechanickou veličinu na analogový signál měřící aparatury)
- Přijímač (zesiluje, zpracovává signál snímače, zapisuje velikost zatížení) [12]



Obr. 24 Dynamometry KISTLER pro měření složek řezné síly [13]

Průběh měření ve společnosti Pramet Tools.

Měření je prováděno při různých podmínkách, většinou při třech různých posuvech a ve třech hloubkách řezu. Měří se řezné síly ve třech osách a z nich je posléze vypočtena řezná síla F_c . Měření je prováděno pomocí dynamometru KISTLER 9257B. Pro porovnání konkurenčních výrobků bude zkouška provedena také za třech podmínek při řezné rychlosti $v_c = 120 \text{ m/min}$.

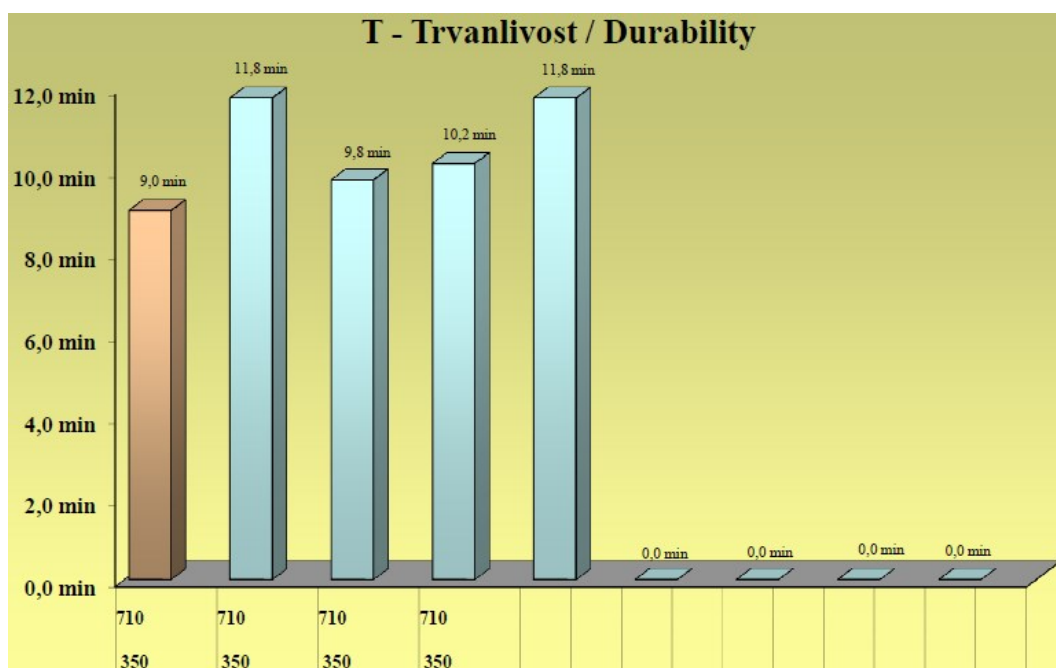
- $a_p = 2 \text{ mm}$; $f = 0,2 \text{ mm/ot}$
- $a_p = 3 \text{ mm}$; $f = 0,3 \text{ mm/ot}$
- $a_p = 4 \text{ mm}$; $f = 0,45 \text{ mm/ot}$

Hodnoty z každého měření jsou zaneseny do tabulky, pomocí údajů z tabulky lze tyto výsledky zobrazit i graficky pro názornější porovnání daných hodnot.

Tato zkouška bude prováděna ve společnosti Pramet Tools až po termínu odevzdání této bakalářské práce, z těchto důvodů nebudou uvedeny výsledky, nýbrž jen popis dané zkoušky.

3.1.3 Trvanlivost

Trvanlivost (životnost) VBD se zjišťuje experimentálně. Zkouška trvanlivosti se provádí pomocí CNC obráběcího stroje a zpravidla optických měřících přístrojů. Touto zkouškou se zjišťuje závislost opotřebení VBD v čase. VBD provádí obrábění referenčního materiálu za předepsaných parametrů, po určitém časovém intervalu je VBD vyjmuta z CNC stroje a jsou změřeny její rozměry a rozsah opotřebení. Po skončení měření je destička opět upnuta do nástrojového držáku v CNC stroji a následně pokračuje v procesu obrábění. Tento proces (obrábění a měření) se několikrát opakuje. Údaje z měření jsou zaznamenávány jak číselně, tak i graficky. Číselné údaje jsou zaneseny do tabulky a použity k vytvoření grafického průběhu opotřebení destičky.

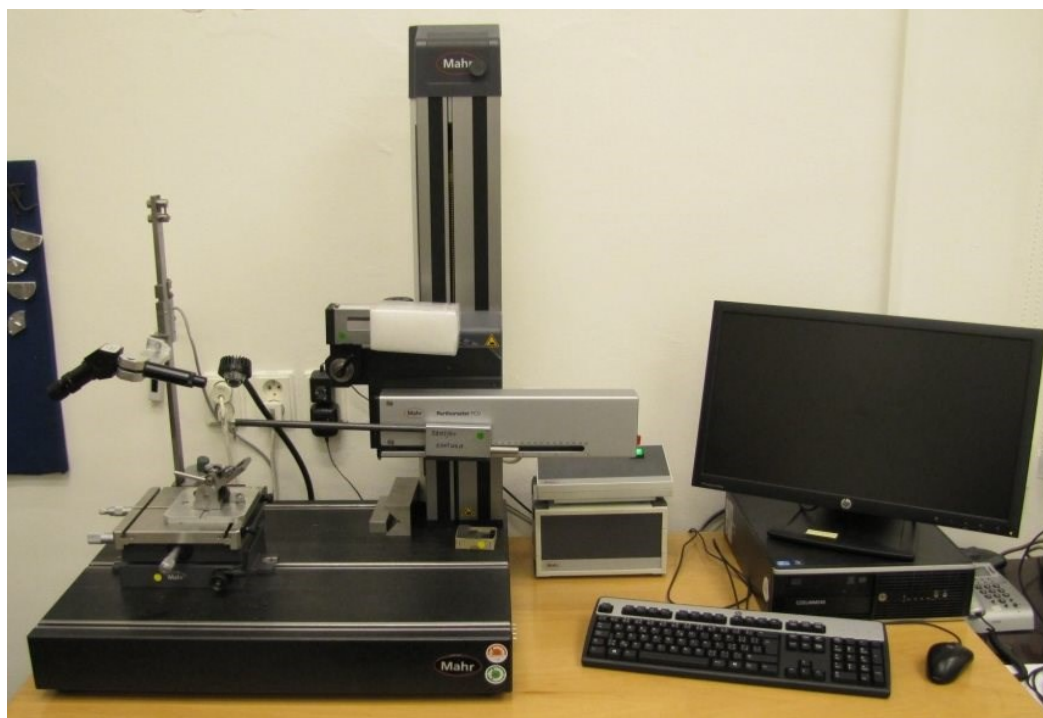


Obr. 25 Příklad grafického znázornění trvanlivosti

Tato zkouška bude prováděna ve společnosti Pramet Tools až po termínu odevzdání této bakalářské práce, z těchto důvodů nebudou uvedeny, výsledky nýbrž jen popis dané zkoušky.

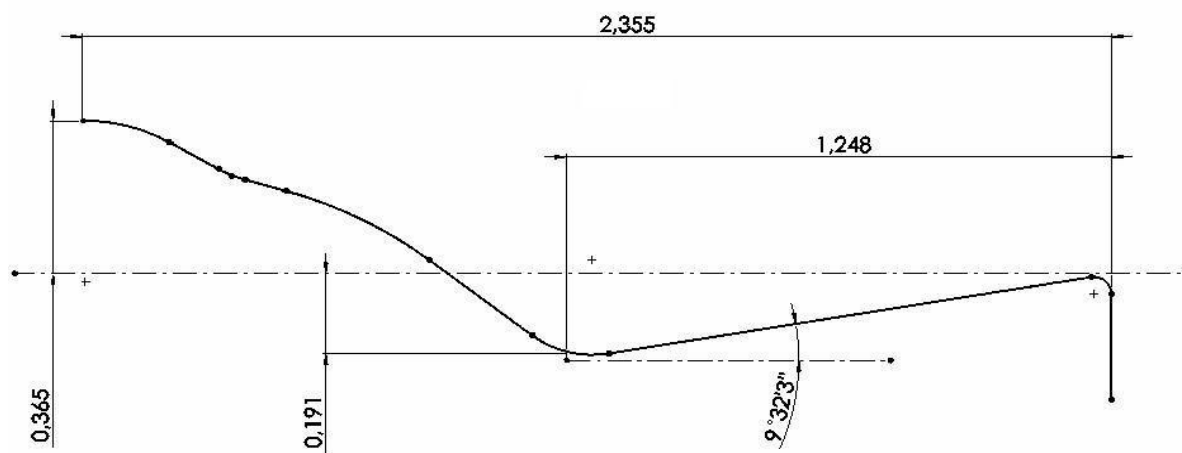
3.2 Měření geometrie břitu VBD

Měření geometrie VBD je prováděno na specializovaném pracovišti. Měření je prováděno na mnoha měřicích přístrojích, ať už měřící přímo dotykovými sondami případně hroty, nebo opticky pomocí různých mikroskopů a kamer s vysokým rozlišením.

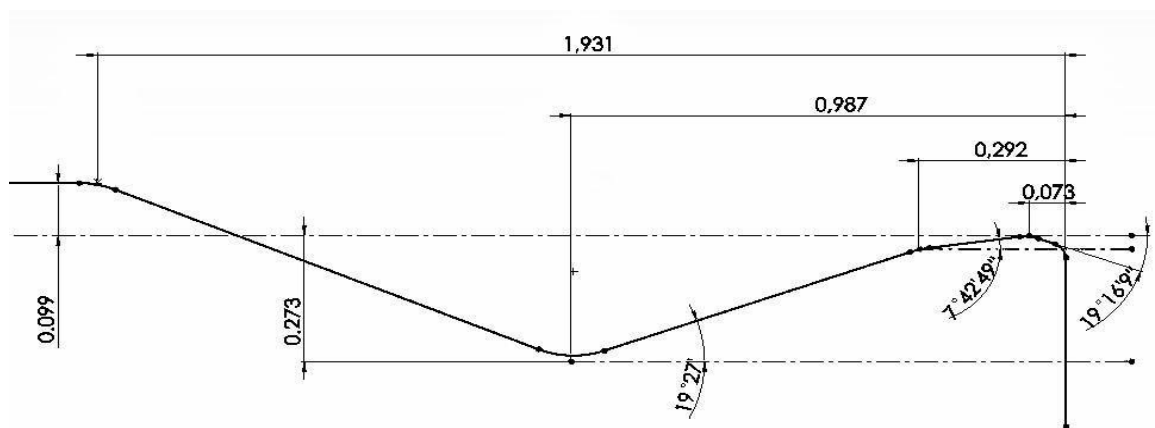


Obr. 26 Měřicí přístroj MAHR Perthometer PCV

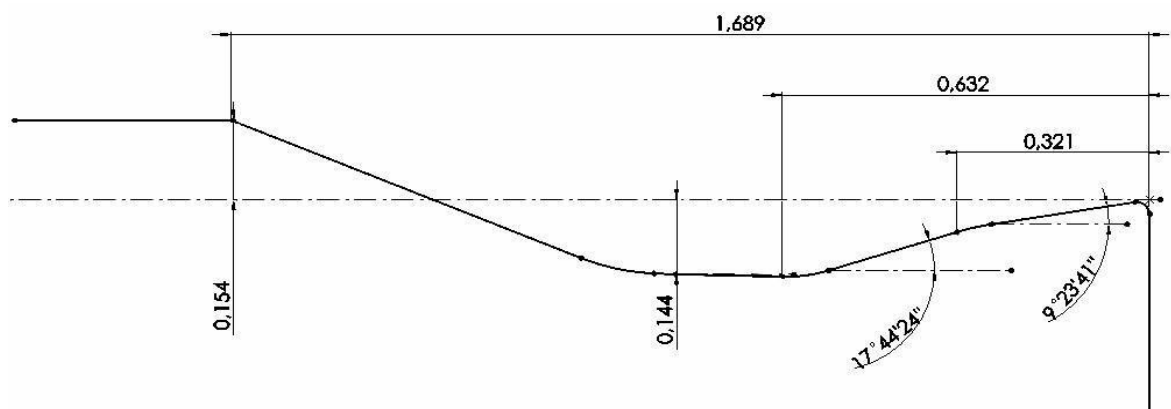
Kyocera – utvařeč MS



Tungaloy – utvařeč SM



Ingersol (Taegutec) – utvařeč EM



3.3 Vyhodnocení

3.3.1 Zkouška utváření třísky

Pro zkoušku utváření třísky byly vybrány VBD od těchto firem:

- Kyocera
- Tungaloy
- Ingersol (Taegutec)

Zkouška byla provedena v tomto pracovním rozsahu:

- Hloubka řezu $a_p = 0,5 - 4,0$ mm
- Posuv $f = 0,20 - 0,55$ mm/ot
- Referenční materiál ocel 17 349
- Řezná rychlost $v_c = 90$ m/min

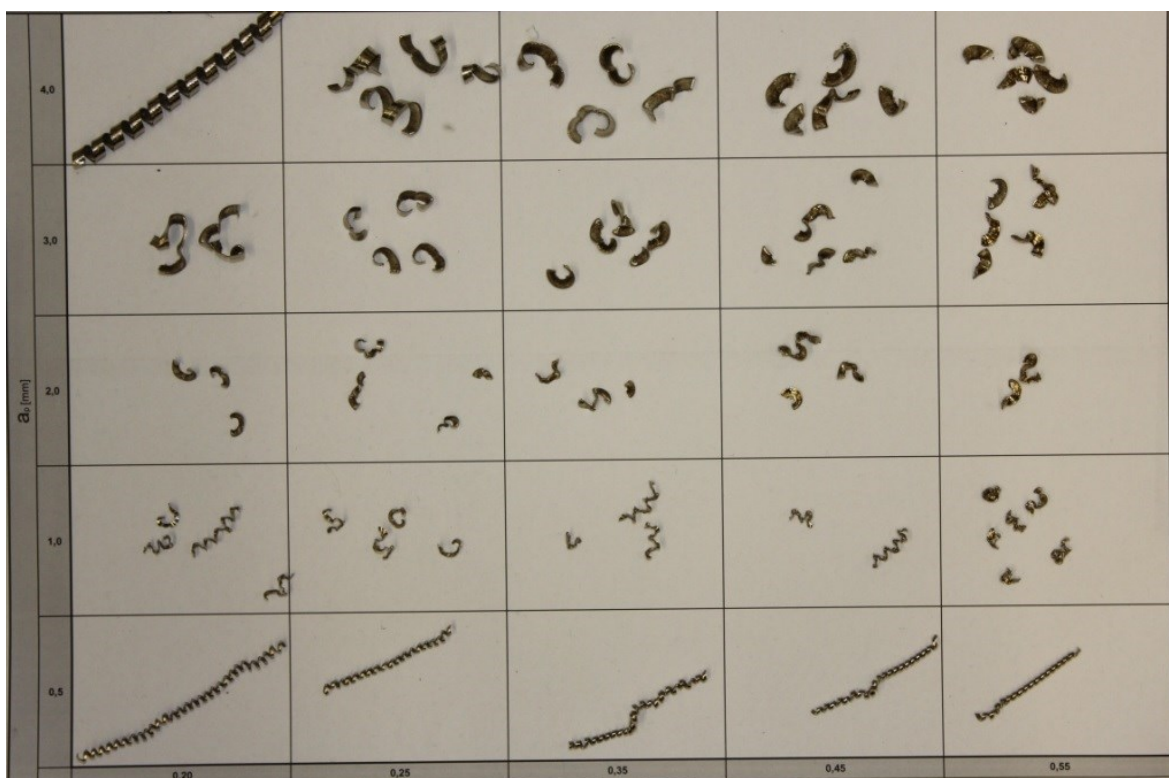
Tyto VBD byly podrobeny zkoušce a výsledky zaneseny do tabulky, pro lepší představu a průkaznější výsledky jsou na obrázcích uvedeny i vzorky třísek při této zkoušce vznikající.



Obr. 27 Výsledky zkoušky utváření třísky VBD od firmy KYOCERA



Obr. 28 Výsledky zkoušky utváření třísky VBD od firmy TUNGALOY



Obr. 29 Výsledky zkoušky utváření třísky VBD od firmy INGERSOL (TAEGUTEC)

Výsledky zkoušky utváření:

KYOCERA:

Vznikaly drobné třísky při malých hloubkách řezu a posuvech, při těžších podmínkách tvrdší (hlučnější).

TUNGALOY:

Negativní fazetka 19° znesnadňuje utváření při malých posuvech. Při středních podmínkách dobré utváření. Při vyšších posuvech byl těžší chod (hlučné), tříska byla zbytečně přeutvářena.

INGERSOL:

Lehký chod, při nízkých posuvech destička vhodně utváří a dochází k rychlému odchodu třísky z místa řezu. I když se jedná o nejvíce uzavřený utvařec ze všech testovaných VBD, měl nejtišší chod při vyšších posuvech.

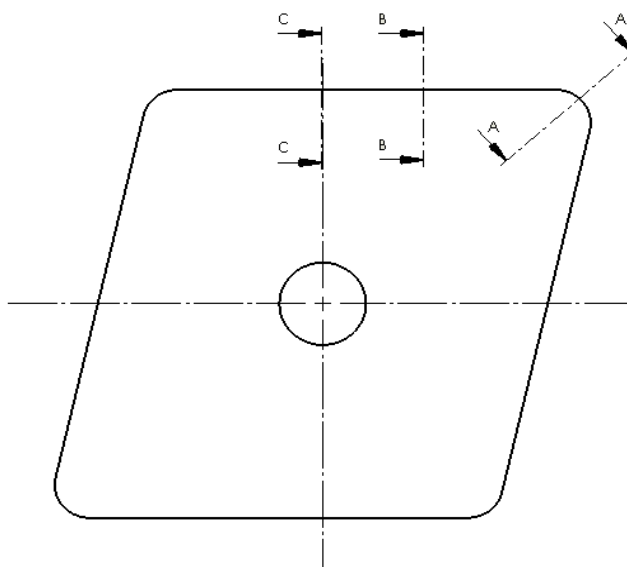
Všechny testované VBD utvářely v dané oblasti. Lepší chod měly pozitivní geometrie (hodnoceno obsluhou stroje). Z přehledu třísek je vidět, že ani jedna testovaná VBD neutvářela správně třísky při hloubkách pod rádiusem (CNMG 120408 – rádius 0,8mm počáteční testovací hloubka řezu 0,5mm). Při hloubce 1mm nevhodně utvářela třísky VBD od firmy Tungaloy, tvořila spirálky, které se zvláště při nízkém posuvu nechtěly odlamovat a měly snahu se namotávat na obráběnou součást. Lépe utvářely třísky další dvě VBD. Kyocera ale při vyšších posuvech chvěla a obrábění bylo doprovázeno pískáním. Z hlediska třísek nejlépe hodnotím Ingersol.

4 Diskuze expertů

4.1 Návrh geometrie VBD

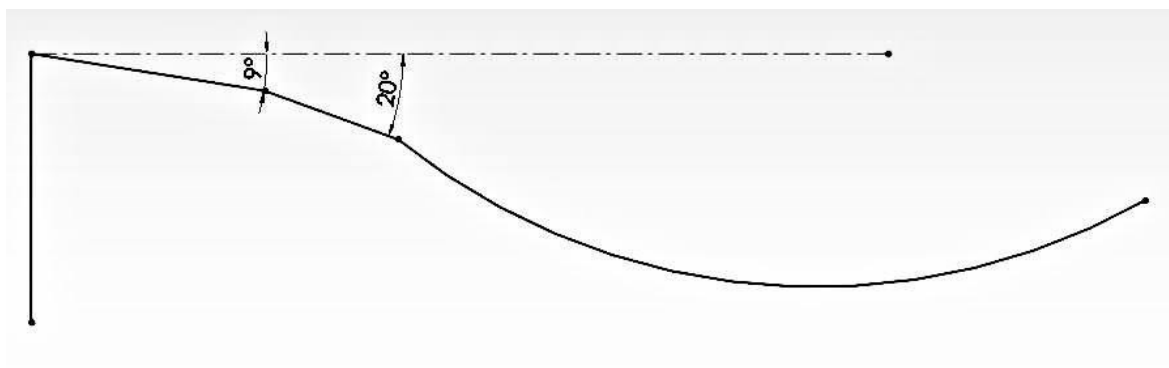
Pro navržení geometrie s co možná nejlepšími funkčními vlastnostmi je potřebná celá spousta informací (výsledky zkoušek, zkušenosti s předchozími VBD, měření a zejména praktické zkušenosti pracovníků ve vývoji). Dle zkušeností pracovníků společnosti Pramet Tools je na korozivzdorné oceli vhodné použít ostrou geometrii s pozitivní fazetkou a pozitivním úhlem čela. Pro důkladnější porovnání testovaných geometrií by bylo třeba testovat trvanlivost a řezné síly, což ale nebylo předmětem této bakalářské práce. Ze zkoušek utváření třísky lze říci, že teorii prezentovanou pracovníky společnosti Pramet Tools potvrzuje geometrie firmy Ingersol (břit s fazetkou). VBD od firmy Ingersol dle hodnocení utváří třísku nejlépe.

Pro obrábění korozivzdorných ocelí je nutné volit velké pozitivní úhly čela (až kolem 25°). Vzhledem k tomu, že se jedná o návrh utvařeče třísek pro střední podmínky s občasným přerušovaným řezem, volíme ve špičce raději méně a to 20° a postupně směrem k rádiusu bude úhel klesat. Takto ostrý břit má nízké řezné síly a obrábění je tiché, ale ostrý břit nevydrží vysoké silové zatížení. Pro zpevnění břitu proto volíme pozitivní fazetku. Úhel fazetky bude největší v rádiusu a postupně bude také klesat. Detailnější návrh viz obr. 30 Náčrt VBD s řezy.

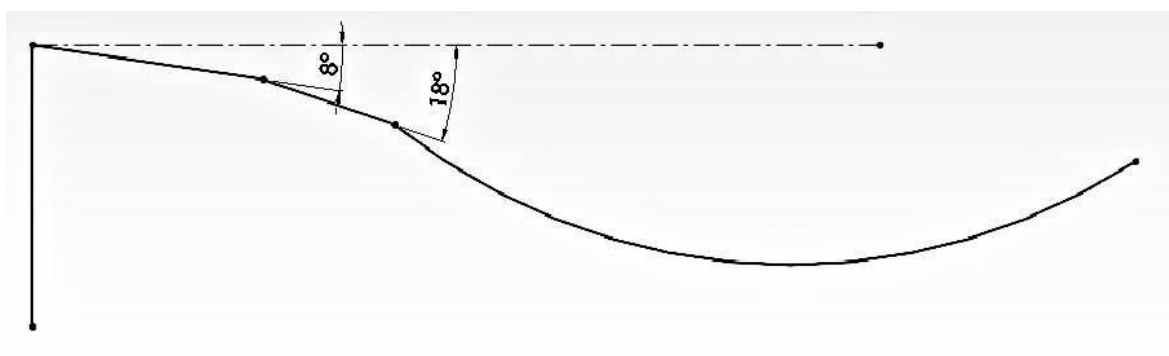


Obr. 30 Náčrt VBD s řezy

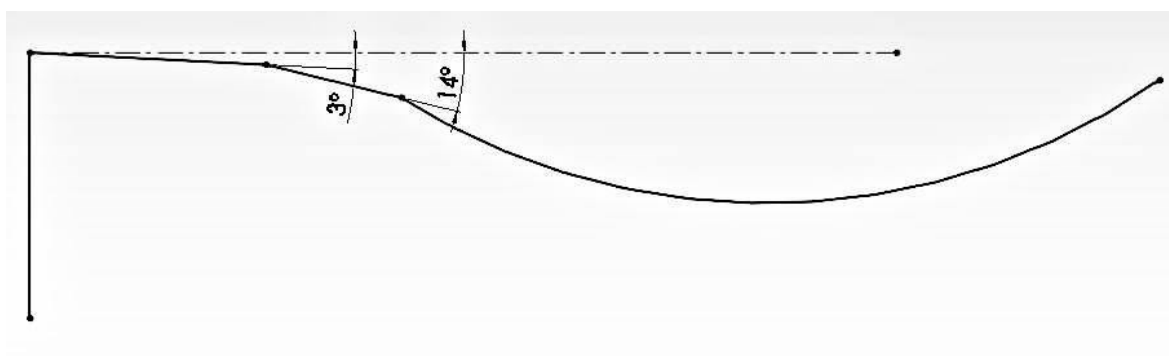
řez A – A



řez B – B



řez C – C



4.2 Velikost zaoblení řezné hrany

Zaoblování řezné hrany se označuje jako tzv. rektifikace. Prakticky je nemožné docílit naprosté ostrosti řezné hrany, proto je řezná hrana VBD upravována řízeným zaoblením. Velikost tohoto zaoblení je řádově v mikrometrech, závisí na tom, pro jaké obráběcí operace a za jakých podmínek bude VBD používána. Zaoblování se provádí z důvodu větší trvanlivosti břitu, u nezaoblené řezné hrany by při najetí do obrobku došlo k jejímu utržení nebo by byla jinak poškozena, a došlo by ke snížení trvanlivosti. Vlastní zaoblení je závislé na použité technologii a jeho velikost a tvar na použitém médiu.

Technologie zaoblování řezné hrany:

- Sinjet (kartáč)
- ABS (proud písku)



Obr. 31 stoj pro metodu Sinjet IBX12 s robotem

Pro rektifikaci prováděnou metodou ABS (proud písku) se hodí destičky, které nemají břit v jedné rovině, tyto destičky nejsou vhodné pro metodu Sinjet (kartáč) z důvodu, že by u těchto destiček docházelo k nerovnoměrnému zaoblování řezné hrany. Metoda ABS se kromě rektifikace používá i k odstranění kobaltu, tato metoda je výhodná z toho důvodu, že můžeme na jednom stroji provádět dvě různé operace.

4.3 Technologické zhodnocení

Technologické zhodnocení návrhu VBD se zaměřením na utvařec pro obrábění korozivzdorných ocelí a s úpravou řezné hrany. Ze zkušeností pracovníku pracujících v oddělení vývoje společnosti Pramet Tools je na obrábění korozivzdorných ocelí nejvhodnější ostrá geometrie s pozitivním úhlem čela a pozitivní fazetkou, která zpevňuje ostrý břit VBD, toto tvrzení potvrzuje i zkouška utváření třísky.

Z důvodů zajištění větší trvanlivosti ostré geometrie VBD volíme vhodné zaoblení řezné hrany. Zaoblení neboli rektifikaci řezné hrany provádíme pomocí dvou metod Sinjet nebo ABS, zvolíme výhodnější a ekonomičtější metodu pro námi navrženou VBD pro optimální a v celé délce břitu konstantní zaoblení.

Takto zvolený břit má nízké řezné síly a průběh obrábění je tichý.

5 Technicko-ekonomické zhodnocení

VBD pro soustružení materiálů skupiny ISO M (korozivzdorné oceli) mají svoji specifickou geometrii. Pro materiály skupiny ISO M je dle zkušeností pracovníků společnosti Pramet Tools vhodné zvolit:

- Ostrou geometrii
- Pozitivní úhel čela
- Pozitivní fazetku

Zkušenosti pracovníků potvrzují i následující zkoušky:

- Zkouška utváření třísky
- Měření rezných sil
- Trvanlivost VBD

Do termínu odevzdání této bakalářské práce byla provedena pouze zkouška utváření třísky, v níž byly porovnávány VBD od firem KYOCERA, TUNGALOY, INGERSOL (TAEGUTEC). Z této zkoušky nejlépe utvářela VBD od firmy INGERSOL, destička rychle odváděla třísku z místa řezu a obrábění bylo tiché.

Z předchozích poznatků a výsledků zkoušky byl zpracován návrh VBD se zaměřením na utvařec třísky pro soustružení materiálu skupiny ISO M. Jedná se o utvařec pro střední podmínky s občasně přerušovaným řezem. Utvařec s úhlem čela 20°, který se směrem k rádiusu zmenšuje, úhel fazetky se také směrem k rádiusu zmenšuje, toto řešení je z důvodů větší trvanlivosti ostrého bříty.

Závěrem lze říci, že nejvýhodnější geometrii pro obrábění korozivzdorné oceli je ostrá geometrie upravená tak, aby byla podpořena její co možná nejdelší trvanlivost. Prodloužením trvanlivosti a tím menší spotřebou VBD bude daná výroba ekonomičtější. Tato práce je přínosem pro výrobu VBD ve společnosti Pramet Tools.

Seznam použitých obrázků

Obr. 1 Náhled VBD společnosti Pramet Tools

Obr. 2 Historické panorama společnosti Pramet Tools

Obr. 3 ISO značení

Obr. 4 Řezné síly

Obr. 5 Způsob utváření třísky

Obr. 6 Tvary třísek

Obr. 7 Základní geometrie

Obr. 8 Tvorba nárůstku u kořene třísky

Obr. 9 Teplo a teplota technologií obrábění kovů

Obr. 10 Vliv tvrdosti materiálu na teplotu

Obr. 11 Opotřebení nástroje

Obr. 12 Otěr na hřbetu

Obr. 13 Výmol na čele destičky

Obr. 14 Plastická deformace destičky

Obr. 15 Vrub na ostří

Obr. 14 Utvařeče MS a MU

Obr. 15 Pracovní oblast utvařečů

Obr. 16 VBD firem Kyocera, Ingersol, Tungaloy

Obr. 17 Utvařeč MS a MU

Obr. 18 Pracovní oblast utvařečů MS, MU, MQ

Obr. 19 Utvařeč PC

Obr. 20 Utvařeč EM

Obr. 21 Utvařeč SM

Obr. 22 Pracovní oblast utvařečů SF, SM, SH

Obr. 23 CNC soustruh MAS standart S80i

Obr. 24 Dynamometry KISTLER pro měření složek řezné síly

Obr. 25 Příklad grafického znázornění trvanlivosti

Obr. 26 Měřicí přístroj MAHR Perthometer PCV

Obr. 27 Výsledky zkoušky utváření třísky VBD od firmy KYOCERA

Obr. 28 Výsledky zkoušky utváření třísky VBD od firmy TUNGALOY

Obr. 29 Výsledky zkoušky utváření třísky VBD od firmy INGERSOL (TAEGUTEC)

Obr. 30 Náčrt VBD s řezy

Obr. 31 stoj pro metodu Sinjet IBX12 s robotem

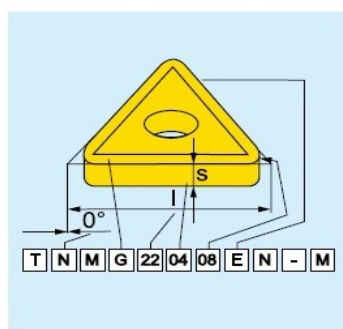
Seznam použité literatury

- [1] Internetové stránky *společnosti Pramet tools* ze dne 2.1.2014 dostupné na:
<<http://www.pramet.com/cz/o-spolecnosti.html>>
- [2] Internetové stránky *SANDVIK Coromant* ze dne 2.1.2014 dostupné na:
<<http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/default.aspx>>
- [3] SECO - *Příručka pro technology* MM-prosinec 2012
- [4] Internetové stránky *Měření tvrdosti* ze dne 4.1.2014 dostupné na:
<<http://www.merenitvrdosti.cz>>
- [5] HUMÁR, Anton. *Technologie I.: technologie obrábění - 1.část*. Brno: 2003
- [6] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie II – 2.část řízení jakosti*. Ostrava 2006
- [7] Katalog *d_ca65* firmy Kyocera
- [8] Katalog *katalog_2012-2013cz_A_soustruzeni* firmy TaeguTec
- [9] Katalog *GeneralCatalog_2013-2014_cs* firmy Tungaloy
- [10] Internetové stránky *Tumlikovo* ze dne 15.4.2014 dostupné na:
<<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/nastrojovematerialy/slinute-karbidy>>
- [11] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno: MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [12] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická universita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1505-3
- [13] ČEP, Robert.; PETRŮ, Jana. *Experimentální metody v obrábění*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická universita Ostrava, 2011.
- [14] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava: Editační středisko VŠB – Technická universita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7

Příloha A – značení VBD podle ISO

ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMENITEĽNÝCH REZNÝCH DOŠŤIČEK

1				2		4	
Tvar destičky / Tvar doštičky				Úhel hřbetu / Uhol chrbta		Provedení / Prevedenie	
H	O	P	R	A	B	N	R
S	T	C	D	C	D	F	A
E	M	V	W	E	F	M	G
L	A	B	K	G	N	W	T
					Speciální Speciálny		Speciální Speciálny
				P	O	Q	X



ISO kód

ANSI kód

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

3						
Tolerance / Tolerancia						
Označení / Označenie	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 + 0,13	0,0002	0,001	0,002 + 0,005
K	0,013	0,025	0,05 + 0,13	0,0005	0,001	0,002 + 0,005
L	0,025	0,025	0,05 + 0,13	0,0010	0,001	0,002 + 0,005
M	0,08 + 0,18	0,130	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,005	0,002 + 0,005
N	0,08 + 0,18	0,025	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,001	0,002 + 0,005
U	0,05 + 0,38	0,130	0,08 + 0,25	0,005 + 0,015	0,005	0,003 + 0,010

5							
Délka řezné hrany / Dĺžka reznej hrany							
d=I.C.	R	S	T	C	D	V	W
mm	Palce						
3,97	5/32"			06			
5,00		05					
5,56	7/32"			09			03
6,00		06					
6,35	1/4"			11	06	07	04
8,00		08					
9,525	3/8"	09	09	16	09	11	06
10,0		10					
12,0		12					
12,7	1/2"	12	12	22	12	15	08
15,875	5/8"	15	15	27	16		
16,0		16					
19,05	3/4"	19	19	33	19		
20,0		20					
25,0		25					
25,4	1"	25	25		25		
31,75	1 1/4"	31					
32,0		32					
38,1	1 1/2"		38				

6		
Tloušťka / Hrúbka		
Označ.	mm	Palce
01	1,59	1/16"
T1	1,98	
02	2,38	3/32"
03	3,18	1/8"
T3	3,97	5/32"
04	4,76	3/16"
05	5,56	
06	6,35	1/4"
07	7,94	5/16"
09	9,52	3/8"

7		
Rádus špičky / Rádus špičky		
Označ.	r _E	
	mm	Palce
00	0	0"
02	0,2	
04	0,4	1/64"
08	0,8	1/32"
12	1,2	3/64"
16	1,6	1/16"
24	2,4	3/32"
32	3,2	1/8"
Kruhové destičky / Kruhové doštičky		
d=I.C.	Označ.	
Palce	00	
mm	M0	

5	6	7	8	9	10
22	04	08			
22	04	08	E	N	- M
5A	6A	7A	8	9	10
4	3	2			
4	3	2	E	N	- M

ANSI kód		
Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica		
Označ.	d = I.C.	
	mm	Palce
1	3,175	1/8"
(1.2)	3,969	5/32"
(1.5)	4,763	3/16"
(1.8)	5,556	7/32"
2	6,350	1/4"
(2.5)	7,938	5/16"
3	9,525	3/8"
4	12,700	1/2"
5	15,875	5/8"
6	19,050	3/4"
7	22,225	7/8"
8	25,400	1"
10	31,750	1-1/4"
Tloušťka Hrúbka		
Označ.	s	
	mm	Palce
1	1,588	1/16"
(1.2)	1,984	5/64"
(1.5)	2,381	3/32"
2	3,175	1/8"
(2.5)	3,969	5/32"
3	4,763	3/16"
(3.5)	5,556	7/32"
4	6,350	1/4"
5	7,938	5/16"
6	9,525	3/8"
7	11,113	7/16"
8	12,700	1/2"
9	14,288	9/16"
10	15,875	5/8"
Rádus špičky Rádus špičky		
Označ.	r _E	
	mm	Palce
0	0,050	1/512"
(0.2)	0,099	1/256"
(0.5)	0,198	1/128"
1	0,397	1/64"
2	0,794	1/32"
3	1,191	3/64"
4	1,588	1/16"
5	1,984	5/64"
6	2,381	3/32"
7	2,778	7/64"
8	3,175	1/8"
10	3,969	5/32"
12	4,763	3/16"
14	5,556	7/32"
16	6,350	1/4"
x	ostatní	

8	
Provedení řezné hrany / Prevedenie reznej hrany	
	Ostré hrany Ostré hrany
	Zaoblené hrany Zaoblené hrany
	Hrany s fazetkou Hrany s fazetkou
	Zaoblené hrany s fazetkou Zaoblené hrany s fazetkou
	Hrany s dvojitou fazetkou Hrany s dvojitou fazetkou
	Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou
9	
Směr posuvu / Smer posuvu	
	Posuv
	Posuv
	Posuv
10	
Utvařec / Utvárač	